



Un método cuantitativo para medir la funcionalidad cotidiana de las ciudades

Reporte de recerca Nº 3

Abril 2011

Jorge Cerda Troncoso

Centro de Política de Suelo y Valoraciones, CA1, Universidad Politécnica de Cataluña
Av. Diagonal 649, 08034 Barcelona, Spain
jorge.francisco.cerda@upc.edu; jcerdat@gmail.com

Palabras clave: espacio-tiempo, funcionalidad cotidiana

Resumen

La funcionalidad diaria de las ciudades es la forma de cómo las personas satisfacen sus necesidades a lo largo del día, en las diferentes actividades dentro de la ciudad. Diversas disciplinas científicas abordan este tema, pero presentan problemas con las escalas social, espacial y temporal necesaria para el análisis de la ciudad en su conjunto. El propósito de la investigación es construir y aplicar un método para medir y caracterizar el comportamiento espacio-temporal de la funcionalidad diaria de las ciudades. La metodología se basa en los enfoques de cadena de viajes (*trip chain*) y de la "geografía del tiempo" para procesar y analizar las encuestas domiciliarias de viajes en áreas metropolitanas. El análisis se desarrolla para distintos días (laboral y no laboral), diferentes actividades (trabajo, estudio, compras, actividades sociales, etc), y distintas clases sociales. Las áreas metropolitanas de las cuales se dispone de información son: Barcelona, Santiago de Chile, y Bogotá. Algunos resultados de Barcelona (2001) muestran una alta contracción de los tiempos de viaje en relación con la duración de las actividades, y también una alta coexistencia espacial de determinadas actividades a lo largo del día (centralidades dinámica)

1.- Introducción

La "funcionalidad diaria de las ciudades" es un concepto que actualmente no existe en la literatura científica. Más habituales son los conceptos de centralidad o función. La acepción más simple de centralidad se refiere al punto, que dada su posición geométrica en el espacio geográfico, o la provisión de infraestructura de comunicaciones, es capaz de reducir al mínimo el esfuerzo de llegar desde el al resto

del territorio. En este sentido, este punto es susceptible de centralizar distintas funciones (por ejemplo los servicios).

Por otra parte, la función se puede definir como toda las actividades que se influyen entre sí con regularidad, a través de relaciones, permitiendo así el funcionamiento espacial del sistema social. Función es, pues, el equivalente de actividad. Las actividades pueden ser de carácter administrativo, comercial, industrial, turística, etc, las que pueden o no concentrarse en punto de alta centralidad.

La funcionalidad es la interacción que se genera entre las partes de la ciudad, para satisfacer las necesidades de los residentes en las distintas actividades. La funcionalidad (o interacción) generalmente se materializa en flujos de materia, energía, información, y personas entre los nodos (funciones). En otras palabras, depende de cómo los habitantes estén dispuestos a utilizar su tiempo para viajar, elegir sus destinos, y rutas en su rutina diaria.

De lo anterior se deduce que la funcionalidad diaria de las ciudades es la forma como los habitantes satisfacen sus necesidades cotidianas en las diferentes actividades que se desarrollan en la ciudad, a lo largo del día y del espacio.

Diversas disciplinas científicas tocan de alguna forma este tema, con distintos enfoques como por ejemplo los usos del tiempo, el uso del espacio, o la integración de ambos. Frente a la aproximación de funcionalidad diaria de las ciudades, estas disciplinas (y específicamente sus métodos) presentan problemas en términos de responder a la escala social, espacial y temporal requerida. Algunos de estos problemas se detallan a continuación:

- La investigación de usos del tiempo es usualmente de escala del individuo, o de grupos de ellos (en su estructura de acoplamiento en el desarrollo de actividades), por lo que no se alcanza la representación de toda la población urbana [6].
- El actual paradigma de modelación de la demanda de transporte, de los modelos en base a actividades (*activity based models*) examina de manera agregada a una muestra de la población, a partir de comportamientos individuales en el espacio y tiempo [1]. El estado del arte actual muestra que los estudios se basan principalmente en tiempo (viaje y en las actividades), y en la secuencia de actividades, y en muy menor medida en la utilización del espacio.
- El enfoque antropológico y sociológico del uso del espacio es solo a nivel del individuo. En la actualidad existen temas emergentes en esta línea que analizan la vivencia del individuo en el espacio por donde viaja a las distintas actividades [4], pero manteniendo la escala individual.
- En los conocidos modelos de usos de suelo y transporte (LUTM), la dinámica diaria de las actividades no se trata de forma explícita [3]. Así también el concepto de accesibilidad usado en ellos es divergente, y en muchos casos ambiguo [2].
- El usos del espacio-tiempo representado en la "Geografía del tiempo" (Hägerstrand, 1969), es una sólida base conceptual y analítica para entender el fenómeno social de la ciudad [5][1], pero también se ha mantenido a una escala individual.

2.- Objetivos y metodología

Una aproximación simple para entender y caracterizar la funcionalidad diaria de los habitantes en las ciudades, es reconocer que este fenómeno se sintetiza en dos dimensiones analíticas (espacio y tiempo), y dos acciones físicas (acceder y desarrollar las actividades). Así, la combinación de ambas (dimensiones y acciones) permite caracterizar la funcionalidad diaria en términos de “tiempo de acceso”, “tiempo de desarrollo (duración)”, “espacio de acceso”, y “espacio donde se desarrollan” las actividades específicas [2].

El objetivo de la investigación es medir y luego caracterizar el comportamiento espacio temporal de la funcionalidad diaria de los habitantes en la ciudad, para diferentes actividades y clases sociales.

La metodología seguida aplica un enfoque de cadena de viaje y de geografía del tiempo para procesar y analizar encuestas domiciliarias de viajes de áreas metropolitanas.

A continuación se describe el procesamiento de las encuestas de viajes, con el objetivo de obtener indicadores cuantitativos de la funcionalidad diaria de las ciudades.

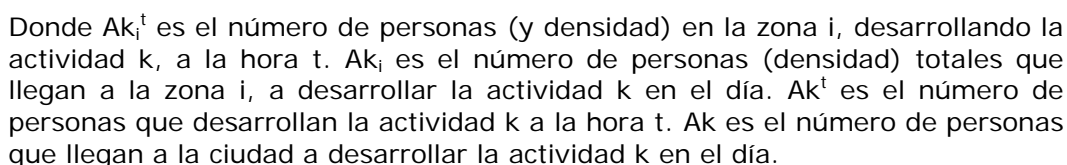
- La aplicación del enfoque de cadena de viajes a las encuestas tiene dos objetivos; el primero es realizar una validación de la base de datos, en términos de detectar errores de codificación espacial y temporal. El segundo objetivo es el de construir (o validar) la información sobre el tiempo de duración de la actividad asociada al propósito del viaje, información que no se consulta en algunas encuestas. Así, el primero paso de procesamiento es construir la cadena de viaje para cada viajero. Con dicha cadena se genera la secuencia de actividades para cada media hora del día, es decir, la actividad que se está desarrollando en cada media hora del día. La Figura 1 muestra un diagrama de esta base de datos de secuencia de actividades.

Figura 1.- Base de secuencia de actividades por viajero

		Time																	
		0:00	0:30	1:00	1:30	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	23:00	23:30	24:00
People	1	A1	A1	A1	A1	A1	T	T	A2	T	A4	A4	...	A2	A1	A1			
	2	A1	A1	A1	A1	T	A4	A4	A4	A4	A4	T	...	A1	A1	A1			
	3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
	
	...	Activity sequence database																	
	...																		
	xx																		
Ak		Activity (1..n)																	
T		Travel																	

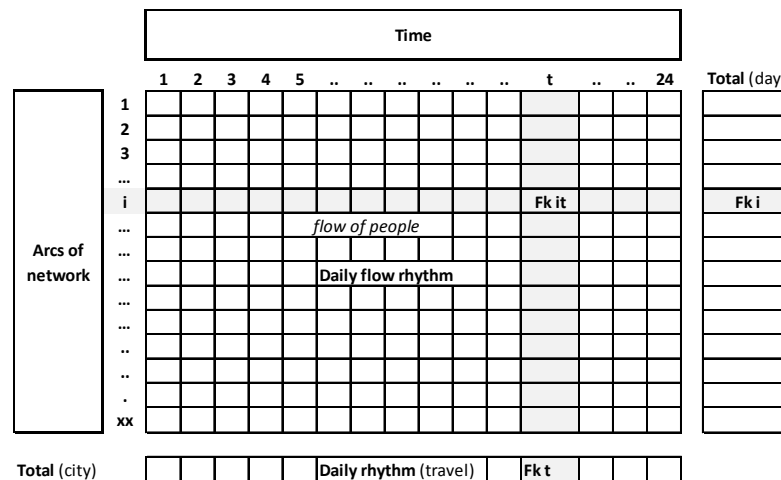
- Con la base de secuencia de actividades se construye el **ritmo diario** de la ciudad. Este término es utilizado en los estudios de usos del tiempo para caracterizar la muestra de individuos analizada, en términos del número de personas que realizan que actividad a qué hora. Así, el ritmo diario es la distribución del número (o porcentaje) de personas en diferentes actividades, para cada media hora del día. El estar viajando se considera una actividad más.
- Con la base de secuencia de actividades también se construye el **ritmo espacial diario** de los habitantes en la ciudad, que no es otra cosa que la espacialización del ritmo diario antes presentado. Dicho de otra forma, es la distribución en el tiempo y en el espacio (zonas) del número de personas en

Figura 2.- Estructura de la base de ritmos diarios



- Dado que el viajar es una actividad más en el ritmo diario de la ciudad, con la base de secuencia de actividades también se construye el **ritmo diario de flujos** de las persona en la ciudad, que corresponde a la espacialización de la actividad viajar. Dado que cada viaje tiene su origen y destino, este se puede espacializar en una matriz de distribución. El enfoque en este punto es similar a los actuales métodos de asignación dinámica de viajes, con la diferencia de que las matrices no son de un período de tiempo, sino más bien instantáneas para cada media hora del día, y por actividad. El resultado de este procesamiento son matrices de distribución de viajes, por actividad (propósito del viaje), para distintas horas del día. Estas matrices se asignan a la red de transporte en base a un modelo del tipo “todo o nada” sin restricción de capacidad. La idea de este proceso es identificar corredores estructurales por actividad, y no aplicar un modelo formal de asignación clásico. Finalmente se obtienen flujos temporales (distintas horas del día) por actividad, en la red estructural del área metropolitana. La Figura 3 muestra un diagrama de la base de flujos temporales.

Figure 3.- Estructura de la base de ritmo diario de flujos



Donde Fk_i^t es el flujo de persona en el arco i , que viajan a la actividad k , a la hora t . Fk_i es el flujo diario de personas por el arco i , que viajan a la actividad k . Fk^t es el número de personas que viajan a la actividad k , a la hora t .

- Los procesamientos descritos se aplicaron para caracterizar diferentes días (laboral, no laboral), diferentes actividades (trabajo, estudio, compras, actividad social, motivos personales, ocio y recreación), diferentes clases sociales (con el nivel de estudios como proxy), y específicamente para personas mayores de 16 años.

Para caracterizar la funcionalidad diaria de las ciudades se utilizaron diferentes índices (o análisis) sintéticos. A continuación se describen dichos índices.

2.1.- Caracterización de la cadena diaria de viajes.

2.1.1.- Para la **secuencia** de actividades

- Descriptores: número de etapas de la cadena, la estructura de actividades, la secuencia de actividades y la secuencia de modos de transporte utilizados, etc.
- Matriz de probabilidad de transición entre actividades: la ecuación y la estructura de la matriz son las siguientes:

$$Prob(A_i, A_j) = \frac{P(A_i, A_j)}{A_i}$$

Previous activity	Activity					Total
	1	2	..	j	..	
1	$P(A_1, A_1)$	$P(A_1, A_2)$	..	$P(A_1, A_j)$	..	A_1
2	$P(A_2, A_1)$	$P(A_2, A_2)$	..	$P(A_2, A_j)$	..	A_2
...
i	$P(A_i, A_1)$	$P(A_i, A_2)$	..	$P(A_i, A_j)$	..	A_i
...
						A

Donde $P(A_i, A_j)$ es el número de personas que desarrollan la actividad i antes que la actividad j , y A_i es el total de personas cuya actividad previa es la actividad i .

2.1.2.- Para el **acceso** a las actividades

- Percentiles de las distribuciones estadísticas de tiempos y distancias.
- Probabilidad funcional de acceso: esta probabilidad se construye como la distribución acumulada inversa de las distribuciones de tiempos y distancias de viaje para cada actividad. Esta distribución se utiliza como una medida de acceso que representa la "disposición a gastar tiempo y energía" para acceder a la actividad específica en la ciudad.
- Distribución bivariada de tiempo-distancia: esta tabla de doble entrada caracteriza la co-distribución de tiempo y distancia de acceso a las distintas actividades.
- Se utiliza un índice tradicional de disimilaridad para comparar distintas probabilidades funcionales. La ecuación es:

$$D_{12} = \frac{1}{2} * \sum_t |P_1^t - P_2^t|$$

Donde D_{12} es el índice de disimilaridad entre las distribuciones 1 y 2. P_1^t es la probabilidad de la distribución 1 para el tiempo t (o distancia). Este índice entrega valores entre 0 y 1, donde 0 es alta similaridad (igualdad), y 1 una alta disimilaridad (diferencia) entre las distribuciones.

2.1.3.- Para la **duración** de las actividades

- Percentiles de la distribución de tiempos.
- Probabilidad funcional de la duración: es la misma distribución acumulada inversa de la distribución de tiempo de duración de la actividad, la que se asocia a la "disposición a gastar tiempo en el desarrollo de la actividad" en la ciudad.
- Comparación entre probabilidades funcionales: con el mismo índice de disimilaridad

2.1.4.- Para la **relación entre el tiempo de acceso y duración** de las actividades

- Análisis de correlación (Pearson).
- Comparación de probabilidades funcionales: con el mismo índice de disimilaridad

2.2.- Caracterización del ritmo diario

- Análisis de correlación (Pearson).
- Porcentaje de coexistencia temporal por actividad (TCK): que es el cociente entre el total de viajes diarios que llegan a la ciudad por una actividad, y el máximo número de personas que desarrollan esa actividad a una hora del día determinada. La ecuación es

$$TCK = \frac{\max_t Ak^t}{Ak} * 100$$

Donde Ak^t es el número de personas que desarrollan la actividad k, a la hora t. Ak es el número de personas que llegan en el día a la ciudad a desarrollar la actividad k.

2.3.- Caracterización del ritmo diario espacial

2.3.1.- Especialización espacial

- Índice de especialización por zona y actividad: es el cociente entre la proporción de una actividad específica en una zona, y la proporción de la misma actividad en la ciudad. La ecuación es:

$$S(Ak, i) = \frac{Ak_i / A_i}{Ak / A}$$

donde $S(Ak, i)$ es el índice de especialización de la actividad k en la zona i . Ak_i es el número de personas (o densidad) que llegan en el día a la zona i , para desarrollar la actividad k . Ak es el número de personas que llegan en el día a la ciudad a desarrollar la actividad k . A_i es el número de personas que llegan a la zona i , y A es el número diario de personas que llegan a la ciudad.

2.3.2.- Coexistencia espacial

- Análisis de correlación espacial entre actividades (Pearson).
- Análisis factorial: para integrar el comportamiento estadístico de las actividades (correlaciones) en factores o componentes principales que caractericen las diferentes zonas de la ciudad.
- Índice de exposición: es el tradicional índice de exposición (Bell 1954) aplicado en estudios de segregación socioespacial, pero en este caso se aplica a personas que desarrollan diferentes actividades en la misma zona. La ecuación es:

$$P_{A2}^{A1} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{A1_i}{A1} * \frac{A2_i}{A_i} \right]$$

Donde P_{A2}^{A1} es el índice de exposición entre la actividad 1 y 2. $A1_i$ es el número de personas que desarrollan la actividad 1 en la zona i . $A1$ es el número de personas en la actividad 1 en la ciudad, A_i es el número de personas en la zona i . El cálculo de este índice genera una matriz, en cuya diagonal se tiene el índice de aislamiento (exposición entre la misma actividad). Una particularidad de estos índices es que para una actividad específica, la suma de los índices de exposición y el de aislamiento es 1, por lo que muestra el trade-off entre exposición y aislamiento.

2.3.3.- Estructura espacial

- Método tradicional de puntos de corte (*cut-off*) para identificar subcentros espacial, con base en mediciones de densidad.

2.4.- Caracterización del ritmo diario de flujos

- Índice de especialización por actividad-arco: el mismo índice de especialización antes presentado, aplicado a los diferentes flujos por actividad por arco.

3.- Algunos resultados para Barcelona 2001

3.1.- Caracterización de la cadena diaria de viajes

- Para el total de días (laboral y no laboral), la actividad con mayor proporción es trabajo con un 38%, seguido de estudio (25%), y luego compras y actividades sociales (11% and 10% respectivamente). El día no laboral cambia esta estructura, siendo el ocio-recreación la actividad de mayor proporción (27%), le sigue compras (20%), y luego trabajo y actividades sociales (ambas con 16%).
- Para el total de días, 74% de las cadenas de viaje tienen dos etapas, y un 19% tiene cuatro etapas. En día laboral, las cadenas de dos etapas alcanzan un 81%, y un 72% en día no laboral. Las cadenas de cuatro etapas logran 20% en día laboral, y un 12% en día no laboral.
- Respecto de la secuencia de actividades, el mayor porcentaje de cadenas lo logra la secuencia hogar-trabajo-hogar con un 24%, seguido de la secuencia hogar-estudio-hogar con un 14%, y hogar-compras-hogar con un 12%. El día laboral mantiene dicha estructura, pero el día no laboral la cambia, siendo las mayores proporciones para las cadenas hogar-compra-hogar y hogar-ocio-hogar, (ambas con 19%), seguidas por hogar-trabajo-hogar con un 11%, y hogar-actividades sociales-hogar con un 10%.
- Los modos de transporte asociados a las secuencia de actividades antes mencionadas muestran que la caminata tiene su mayor proporción en cadenas de compras (55%) y de ocio-recreación (70%). El coche privado es predominante en cadenas de trabajo (en promedio 46%). El bus no muestra una predominancia clara en las diferentes cadenas de actividades, logrando su mayor proporción en cadenas de actividades personales (33%) y sociales (22%). El Metro tampoco presenta una predominancia clara, logrando su mayor porcentaje en estudio (25%) y en actividades personales (15%).
- La tabla 1 muestra la matriz de probabilidad de transición entre las diferentes actividades, para distintos tipos de día.

Tabla 1.- Matriz de transición entre actividades por tipo de día

Week	Activity							
Previous activity	Home	Work	Study	Shop	Personal	Social	Leisure	
Home (origin)	0,00	0,50	0,13	0,15	0,10	0,08	0,04	1,00
Home	0,01	0,45	0,09	0,07	0,08	0,21	0,10	1,00
Work	0,93	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	1,00
Study	0,95	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	1,00
Shop	0,95	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	1,00
Personal	0,89	0,02	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	1,00
Social	0,87	0,04	0,00	0,02	0,01	0,04	0,02	1,00
Leisure	0,85	0,07	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	1,00

Weekend	Activity							
Previous activity	Home	Work	Study	Shop	Personal	Social	Leisure	
Home (origin)	0,01	0,19	0,03	0,27	0,08	0,16	0,26	1,00
Home	0,01	0,25	0,03	0,09	0,08	0,18	0,37	1,00
Work	0,93	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	1,00
Study	0,93	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	1,00
Shop	0,93	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	1,00
Personal	0,89	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	1,00
Social	0,88	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04	0,05	1,00
Leisure	0,89	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,07	1,00

Fuente: CPSV-UPC

Las matrices muestra la alta probabilidad de la estadia en el hogar como actividad previa a todas las restantes. En los días laborales, la actividad más probable luego de salir de casa es el trabajo (0,45), seguida por compras (0,15), estudio (0,13), y actividades personales (0,10), en proporciones muy similares las últimas. En el día no laboral este comportamiento cambia, siendo la compra la actividad más probable al salir de casa (0,27), le sigue con un valor muy cercano el ocio y recreación (0,26), luego el trabajo (0,19), y las actividades sociales.

Todas las actividades retornan al hogar, antes de desarrollar otra actividad. Por lo anterior, se puede deducir que Barcelona (2001) presenta un patrón pendular de la cadena de actividades.

- En general no existe correlación entre el tiempo de viaje y la duración de la actividad (pearson de 0,02 para todas las actividades, 0,16 para trabajo, 0,09 para estudio, 0,19 para compras, y 0,11 para ocio-recreación). La tabla 2 muestra las distintas probabilidades funcionales (en tiempo) obtenidas para Barcelona.

Tabla 2.- Probabilidad funcional de los tiempos de acceso y duración de las actividades cotidianas

Time (min)	Travel to activity					Activity duration				
	Work	Study	Shop	Social	Leisure	Work	Study	Shop	Social	Leisure
5	99,9	99,7	99,9	99,7	99,8	99,6	99,7	98,6	83,4	98,6
10	95,2	96,6	92,6	94,9	95,2	99,5	99,4	97,7	75,6	98,0
15	79,3	83,2	62,8	73,1	77,8	99,3	99,4	95,7	70,4	97,6
20	59,5	64,8	40,1	50,7	56,8	99,1	99,3	93,9	66,6	97,0
25	47,9	54,2	27,2	39,0	42,8	99,0	99,3	89,6	65,1	96,7
30	44,7	50,8	25,0	35,5	39,8	99,0	99,3	88,2	64,6	96,5
35	19,5	28,2	9,1	14,5	17,4	98,7	99,2	83,2	62,2	94,6
40	17,6	26,4	8,3	13,3	16,2	98,6	99,2	81,5	61,7	94,3
45	14,3	22,0	7,1	11,3	13,9	98,4	99,1	78,0	61,1	93,3
50	9,3	16,3	5,1	7,4	9,2	98,2	98,5	72,9	59,9	91,8
55	8,2	14,5	4,7	6,3	7,6	98,1	97,7	65,2	58,6	89,8
60	7,9	14,0	4,5	6,0	7,4	98,0	97,4	63,2	58,1	88,7
65	2,3	5,0	2,1	2,3	2,9	97,6	95,6	59,2	55,7	85,0
70	2,0	4,6	2,1	2,2	2,8	97,5	95,3	57,5	55,1	84,1
75	1,8	4,1	1,8	1,9	2,6	97,3	95,0	54,6	54,2	83,1
80	1,3	3,1	1,7	1,4	2,1	97,0	94,6	50,5	52,8	80,6
85	1,1	2,9	1,6	1,3	2,0	96,8	94,5	45,2	51,8	78,6
90	1,1	2,8	1,6	1,3	1,9	96,8	94,4	44,2	51,3	78,1
95	0,5	1,6	0,9	0,6	1,4	96,2	92,8	38,8	48,2	73,9
100	0,5	1,6	0,9	0,6	1,4	96,1	92,6	37,7	47,6	72,8
105	0,4	1,4	0,9	0,6	1,3	95,9	91,8	34,1	45,9	70,3
110	0,3	1,3	0,8	0,5	1,1	95,4	91,1	28,8	43,6	66,2
115	0,3	1,3	0,8	0,5	1,1	95,2	90,1	24,1	41,5	63,1
120	0,3	1,3	0,8	0,5	1,0	95,0	90,0	23,3	41,3	61,9

Fuente: CPSV-UPC

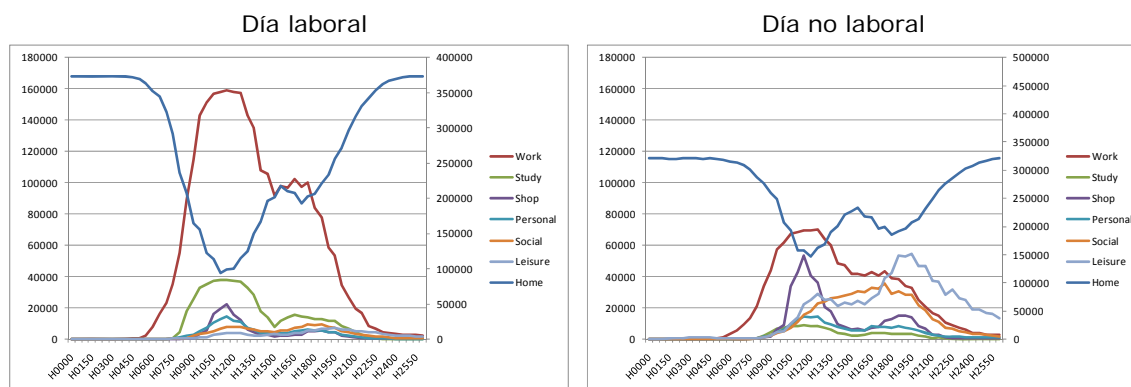
A modo de ejemplo, la probabilidad que una actividad demore una hora es de 98,0% si es trabajo, 97,4% si es estudio, 63,2% si es compras, 58.1% si es actividad social, y 88.7% si es de ocio-recreación. Por otra parte, un viaje de una hora tiene una probabilidad de 7.9% si es de acceso al trabajo, 14.0% si es de acceso al estudio, 4.5% si es de acceso a compras, 6.0% si es de acceso a actividades sociales, y 7.4% si es de acceso a actividades de ocio-recreación.

La mediana de la distancia de viaje es de 3.750 mt para acceder al trabajo o estudio, 1.250 mt para acceder a compras, and 2.000 mt and 2.500 mt para acceder a actividades sociales y de ocio, respectivamente.

3.2.- Caracterización del ritmo diario

- La Figura 4 muestra las gráficas de ritmo diario para Barcelona 2001, para distintas actividades, por tipo de día.

Figura 4.- Ritmo diario, Barcelona 2001



Fuente: CPSV-UPC

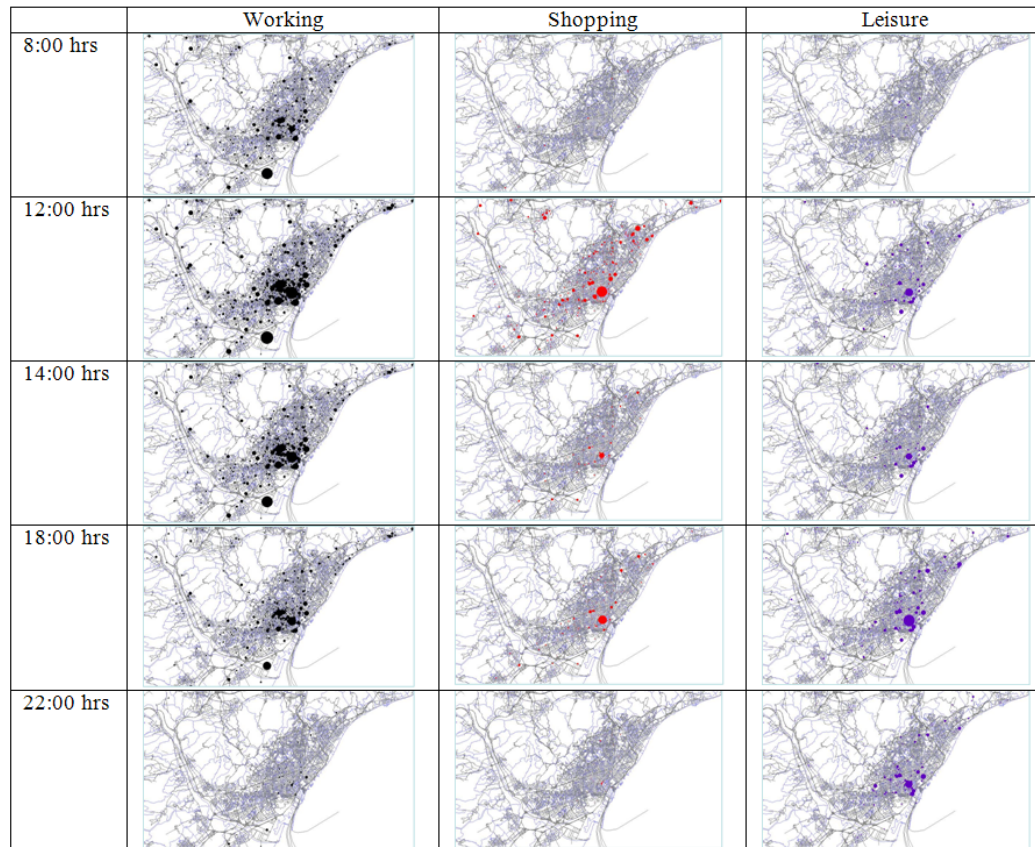
Los resultados, para el día laboral, muestran que el trabajo presenta su mayor intensidad a las 11:30 hrs., y un segundo máximo (65% del pico mayor) a las 14:30 hrs. Estudio tiene su primer pico a las 11:30 hrs., y un segundo pico (59%) a las 16:00 hrs. Compras tiene su primer pico a las 11:50 hrs., y su segundo pico (25%) a las 18:30 hrs. Las actividades personales presenta su primer pico a las 11:30 hrs., y su segundo pico (50%) a las 17:30 hrs. Las actividades sociales presenta un patrón inverso a los anteriores, donde su primer pico es a las 17:30 hrs., y su segundo pico (70%) a las 12:30 hrs. Finalmente, las actividades de ocio-recreación presentan su primer pico a las 18:30 hrs, y un segundo pico (50%) a las 11:30 hrs.

- El porcentaje de coexistencia temporal muestra que, en días laborales, la máxima intensidad de trabajo es un 94% del total de viajes que llegan a trabajar en el día (en día no laboral baja a un 78%). La actividad de estudio presenta su mayor intensidad con un 92% en día laboral, y 74% en día no laboral. Compras presenta su máxima intensidad de 54% en día laboral, y 56% en día no laboral. Las actividades personales presentan su máxima intensidad con un 44% en día laboral, y 43% en día no laboral. Actividades sociales presentan un 25% en día laboral, y un 48% en día no laboral. Finalmente, ocio-recreación alcanzan un 36% en día laboral, y un 44% en día no laboral.

3.3.- Caracterización del ritmo diario espacial

- La figura 5 muestra el ritmo diario espacial de la densidad de personas (personas/km²), para tres actividades, en cinco horas de un día laboral.

Figure 5.- Ritmo diario espacial para trabajo, compras, y ocio-recreación, Barcelona 2001



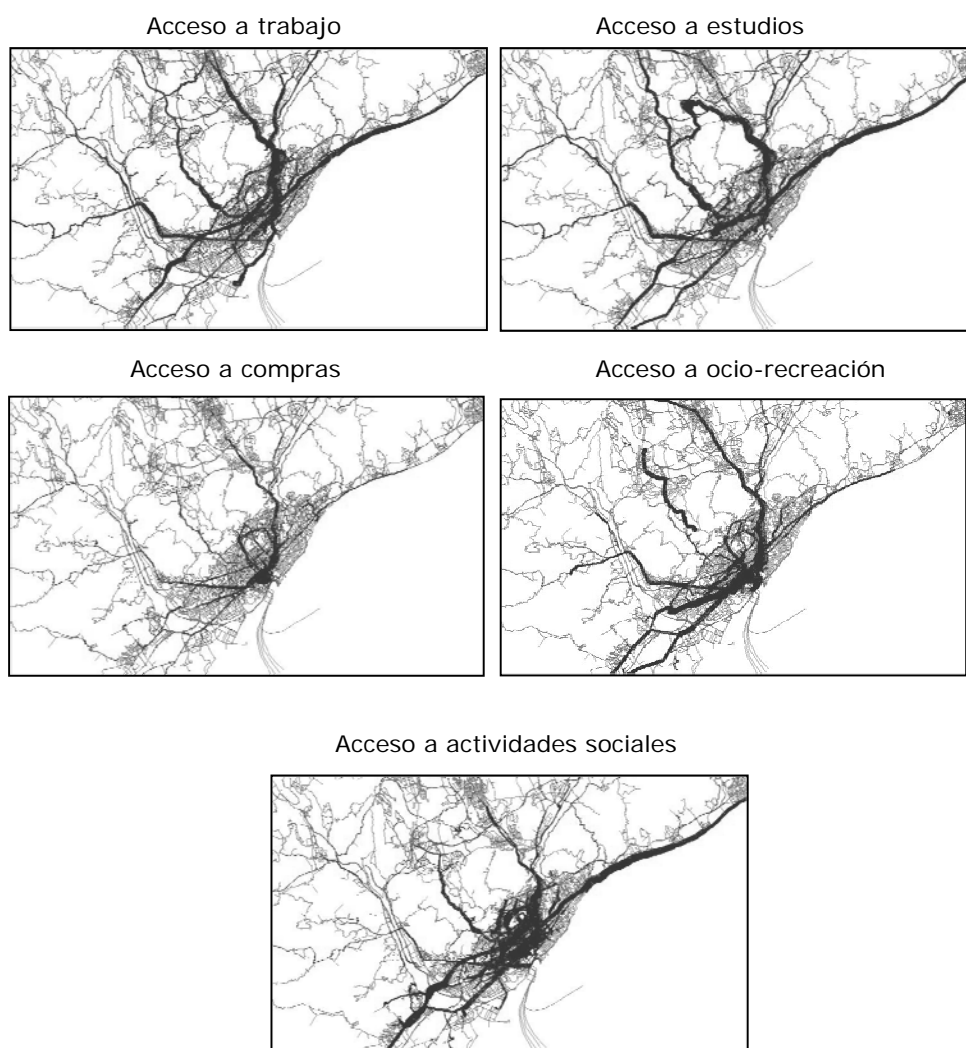
Fuente: CPSV-UPC

Para el día laboral, el índice de correlación espacial más alto (promedio entre todas las actividades) alcanza un valor de 0,6 (pearson), en el período entre las 11:00 y 12:30 hrs. La misma relación espacial entre actividades se da entre las 16:30 y las 20:00hrs, con una correlación media de 0.7. En día no laboral este comportamiento cambia, ya que las actividades de trabajo y actividades personales ya no coexisten con las restantes actividades, aunque compras y actividades de ocio-recreación alcanzan una correlación espacial de 0,8.

3.4.- Caracterización del ritmo diario de flujos

La Figura 6 muestra los resultados del proceso de asignación de la matriz total día, por actividad, en día laboral.

Figura 6.- Especialización de corredores en base a viajes de acceso a trabajo, compras, estudio, ocio-recreación, y actividades sociales, en Barcelona 2001



Fuente: CPSV-UPC

Los resultados muestran la especialización en distintas actividades, de los distintos corredores de transporte de Barcelona. Para un corredor específico se puede obtener un perfil de especialización que indique el beneficio social potencial de una inversión en infraestructura o servicios, en términos de reducción de tiempos del viaje de acceso a diferentes actividades en la ciudad, y no sólo para arcos específicos de la red.

4.- Conclusiones

La metodología desarrollada de análisis espacio-temporal resultó ser una buena forma de medir y caracterizar la funcionalidad diaria de los habitantes de la ciudad. Los índices sintéticos de caracterización logran mostrar las dinámicas temporales de las distintas actividades.

La validez y fiabilidad de los resultados dependen directamente de la encuesta domiciliaria de viajes.

El enfoque funcional genera una serie de puntos importantes de destacar, como ser:

- Diferentes estudios referidos a los tiempos de viaje, tradicionalmente utilizan el valor medio del tiempo de viaje como indicador de análisis [7], pero como se ha mostrado en este trabajo, el tiempo de viaje es una variable aleatoria asociada a una función de probabilidad estadística, que en general es no simétrica. Por lo anterior, es un error utilizar el promedio como un indicador representativo, siendo la mediana el mejor estadígrafo.
- La visión de los viajeros en función de las actividades a las cuales acceden es más realista, desde el punto de vista del funcionamiento de la ciudad, como para ser considerada en los procesos de toma de decisiones respecto de planes de inversión en infraestructura y transporte, o de priorización de distintos corredores en áreas metropolitanas.
- El enfoque dinámico de la ciudad entrega mayor información a ser considerada e incorporada en los procesos de planeamiento y gestión urbana, en el sentido de hacer una evaluación del impacto que generarían distintas intervenciones urbanísticas, en la funcionalidad espacio temporal de sus habitantes.

Finalmente, el área metropolitana de Barcelona (2001) presenta un comportamiento pendular en las cadenas de viaje, en las que el coche privado es preferido para actividades "condicionadas" en tiempo y localización, como trabajo. Una razón puede ser por la certeza que da este modo de transporte en el cumplimiento de los tiempos de acceso requeridos por dichas actividades. La caminata es preferida por actividades poco condicionadas (compras, ocio-recreación, actividades sociales).

Los resultados muestran una alta contracción de los tiempos de acceso en relación a las duraciones de las actividades, y también se aprecian claras diferencias entre actividades, siendo más inelásticos los tiempos de compras y actividades sociales, y más elásticos los tiempos de trabajo, estudio, y ocio-recreación.

Existen claras disimilaridades entre las actividades cotidianas, en términos de intensidad de usos del tiempo, correlaciones en el uso del espacio, y en probabilidades funcionales.

Una visión que surge de la investigación es que "trabajo" es una actividad singular, y que no debe entenderse como una actividad en sí de la ciudad. El trabajador es una interface humana necesaria para la funcionalidad de las actividades cotidianas en la ciudad. Si esta interfaz humana no existiese, la ciudad no podría ejercer sus funciones

(elaboración, intercambio, conocimiento, etc.), situación a la que Hägerstrand reconoce como restricción de "acoplamiento".

Agradecimientos

El autor está financiado por el *"Comisionado para Universidades e Investigación del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la Generalitat de Cataluña y del Fondo Social Europeo"*.

References

- [1] **Bhat, CR.** (1999), A retrospective and prospective survey of time-use research. *Transportation*, 26, pp. 119-139
- [2] **Cerda, J. Marmolejo, C.** (2010), De la Accesibilidad a la Funcionalidad del territorio: una nueva dimensión para entender la estructura urbano-residencial de las áreas metropolitanas de Santiago (Chile) y Barcelona (España). *Revista de Geografía, Norte Grande*, 46, pp.5-27
- [3] **Hunt, J.D.** et al, (2005), Current Operational Urban Land-use-transport Modelling Frameworks: a review. *Transport Reviews*, 25(3), pp. 329-376
- [4] **Kaufmann, V.** (2004), Motility: Mobility as Capital. *International Journal of Urban and Regional Research*, 28(4), pp. 745-756
- [5] **Miller, H.** (2005), Necessary space-time conditions for human interaction. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32, pp. 381-401
- [6] **Torns, T., Borrás, V., Moreno, S., Recio, C.** (2006), Las políticas del tiempo: un debate abierto. Ayuntamiento de Barcelona. Online www.bcn.cat/nust
- [7] **Van Wee, B., Rietveld, P. & Meurs, H.** (2006) Is average daily travel time expenditure constant? In search of explanations for an increase in average travel time. *Journal of Transport Geography*, 14, pp. 109-122.